



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 52 998 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**B 01 J 19/08**  
B 22 F 3/105  
B 29 C 67/00  
B 23 K 26/00

A7

DE 199 52 998 A 1

21 Aktenzeichen: 199 52.998.1  
22 Anmeldetag: 4. 11. 1999  
43 Offenlegungstag: 17. 5. 2001

71 Anmelder: —  
Exner, Horst, Prof. Dr.-Ing., 09648 Lauenhain, DE;  
Ebert, Robby, Dipl.-Phys., 09114 Chemnitz, DE  
74 Vertreter:  
Krause, W., Dr.-Ing. Faching.f.Erfindungswesen,  
Pat.-Anw., 09648 Mittweida

72 Erfinder:  
gleich Anmelder  
56 Entgegenhaltungen:  
DE 43 25 573 C2  
US 52 52 264

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung und Verwendung von Vakuum und/oder einer zusätzlichen Wärmequelle zur direkten Herstellung von Körpern im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen

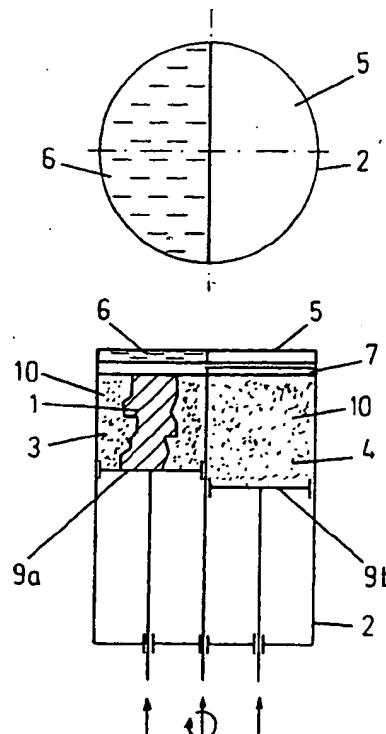
57 Die Erfindung betrifft Vorrichtungen zur direkten Herstellung von Körpern im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen und die Verwendung von Vakuum und/oder einer zusätzlichen Wärmequelle zur direkten Herstellung derartiger Körper.

Die Vorrichtung zeichnet sich besonders durch eine evakuierbare Bearbeitungskammer, in die wenigstens zwei Teilkammern integriert sind, aus. Eine der Teilkammern ist der Bauraum und die andere der Vorratsbehälter für das Pulver.

Die Verwendung des Vakuums in der Bearbeitungskammer führt dabei insbesondere dazu,

- dass keine reaktive Atmosphäre vorhanden ist,
- dass durch das Zusammenfügen der Pulverteilen dichte und porenfreie Schichten entstehen und
- dass keine Wärmeleitung stattfindet.

Bewegbare Böden der Teilkammern werden wechselseitig betätigt. Während der Herstellung des Körpers wird der Boden des Vorratsbehälters in Richtung der Deckplatte und der des Bauraumes von dieser weg bewegt. Mit dem Rakel an der Deckplatte oder der Abdeckplatte und einer gesteuerten Bewegung des Rakels und der Böden ist der Körper definiert schichtweise realisierbar.



DE 199 52 998 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft Vorrichtungen zur direkten Herstellung von Körpern im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen im Vakuum nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und Verwendung von Vakuum und/oder einer zusätzlichen Wärmequelle zur direkten Herstellung von Körpern im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 20.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Körpern aus schichtweise aufgebrachtem Pulver und einem selektiven Sintern der jeweilig aufgetragenen Schicht sind aus der US 4863538 (Verfahren und Einrichtung zur Herstellung von Körpern durch selektives Sintern) bekannt. Dabei wird durch energiereiche Strahlung das Pulver der jeweiligen Schicht partiell versintert. Über das Auftreffen einer Strahlung wird dabei der Körper realisiert. Zur Erzeugung des jeweiligen Körpervolumens wird die energiereiche Strahlung gescannt. Zum Einsatz kommen vorwiegend CO<sub>2</sub>- oder Nd:YAG-Laser mit Scanner, mit einer Leistung von 50 W bis 200 W und einem Fokus von 100 µm bis 300 µm. Das Ergebnis ist ein gesinteter Körper. Dieser zeichnet sich allerdings dadurch aus, dass eine Verbindung, ohne dass eine Schmelze wie beim Schweißen gebildet wird, entsteht. Damit ergeben sich Körper, die nur bedingt als Druckgusswerkzeuge einsetzbar sind. Ein wesentlicher Nachteil besteht in der sehr langen Sinterzeit insbesondere bei größeren Körpern, die je nach Bauteilgröße bis zu 100 h beträgt. Ein weiterer Nachteil ist die große Oberflächenrauheit des Körpers. Die Einrichtung dieser Lösung besteht in einem durch einen Mikrorechner gesteuerten Verfahrensablauf.

In den Veröffentlichungen US 5017317, US 5135695 und US 5182170 sind Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung von Körpern durch selektives Sintern von schichtweise aufgetragenen Pulverschichten mit Laserstrahlen beschrieben. Die Lösungen zeichnen sich weiterhin dadurch aus, dass weitere Schichten aus Stoffen aus der Gasphase unter Nutzung des Laser-CVD-Verfahrens gleichzeitig auf den Körper oder den sich bildenden Körper abscheidbar sind. Das wird dadurch erreicht, indem der Körper in einer Bearbeitungskammer aus den pulverförmigen Schichten hergestellt wird.

In der US 5169579 wird der Prozess der Herstellung eines Körpers durch die Erzeugung eines Plasmas oder einer Katalyse in einer Bearbeitungskammer unterstützt.

Zum Schutz vor Oxidation wird ein zusätzliches Pulvergemisch als Hilfsstoff zur Verhinderung der Oxidation und Reduzierung der Schmelztemperatur in den US 5314003 und US 5393613 in die Bearbeitungskammer eingebracht.

In der WO 95/34468 ist eine Vorrichtung zum Aufbringen von Pulver angegeben, bei der Vakuum zum Transport des Pulvers genutzt wird.

Damit ist auch der entscheidende Nachteil dieser Lösungen aufgezeigt. Entweder ist kein Schutz vor Oxidation während des Sintern oder Verschweißens oder dieser ist nur durch zusätzliche Materialien in Pulverform und damit einen zusätzlichen Aufwand eingeschränkt vorhanden. Die Oxidationen können zu Rissbildungen oder Zwischenverbindungen führen, die die Festigkeit des Körpers negativ beeinflussen.

Vorrichtungen, in denen Pulver schichtweise unter Vakuumbedingungen versintert oder verschweißt werden, sind nicht bekannt.

Der in den Patentansprüchen 1 und 20 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, Körper direkt aus nacheinander aufgetragenen pulverförmigen Schichten herzustellen.

Dieses Problem wird mit den in den Patentansprüchen 1 und 20 aufgeführten Merkmalen gelöst.

Die Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern, insbesondere von Werkzeugen, ultraharten Werkzeugsätzen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen zeichnet sich besonders durch eine evakuierbare Bearbeitungskammer, in die wenigstens zwei Teilkammern integriert sind, aus. Eine der Teilkammern ist dabei der Bauraum und die andere der Vorratsbehälter für das Pulver. Das Pulver wird dabei im Vakuum der Bearbeitungskammer über ein Rakel bewegt.

Die Verwendung des Vakuums in der Bearbeitungskammer führt dabei insbesondere dazu,

- dass keine reaktive Atmosphäre vorhanden ist, so dass eine Oxidbildung oder andere chemische Reaktionen weitestgehend unterdrückt werden,
- dass durch das Zusammenfügen der Pulverteilchen während des Schweißens oder dem Sintern dichte und porenfreie Schichten herstellbar sind, so dass die Festigkeit des mit der Vorrichtung hergestellten Körpers gegenüber mit herkömmlichen Sintern mit Laserstrahlen hergestellten Körpern steigt und
- dass keine Wärmeleitung des Bauraumes über die Umgebungsluft stattfindet.

Die Vorrichtung zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass eine definierte Gasatmosphäre und ein definierter Druck < 1 bar in der Bearbeitungskammer erzeugbar sind. Aus der Gasatmosphäre lassen sich durch eine CVD-Unterstützung unter anderem TiN-, SiC-, Oxid-Keramiken oder andere hochschmelzende Materialien bei der CVD-Temperatur sintern.

Die bewegbaren Böden der Teilkammern werden wechselseitig betätigt. Während der Herstellung des Körpers wird der Boden des Vorratsbehälters in Richtung der Deckplatte und der des Bauraumes von dieser weg bewegt. Mit dem Rakel an der Deckplatte oder der Abdeckplatte und einer gesteuerten Bewegung des Rakels und der Böden ist der Körper definiert schichtweise realisierbar.

Durch die Verwendung einer zusätzlichen Wärmequelle zum Laser kann das Pulver zusätzlich getrocknet oder auf einer konstanten Temperatur gehalten werden. Dies führt zur besseren Maßhaltigkeit des Körpers und zu geringeren Spannungen im Material.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Patentansprüchen 2 bis 19 und 21 angegeben.

Eine bewegbare Abdeckplatte einer Teilkammer nach einer Weiterbildung des Patentanspruchs 2 dient zum einen als Rakel oder als definierte Führung des Rakels zum Aufbringen der Pulverteilchen im Bauraum und/oder zum anderen der Abdeckplatte des Vorratsbehälters der Pulverteilchen, so dass diese nicht unkontrolliert in den Bauraum und die Vakuumeinrichtung gelangen können, wenn die Bearbeitungskammer evakuiert wird. Damit ist ein einfacher Aufbau vorhanden.

Die Verbindung einer bewegbaren Deckplatte mit einem Rakel nach einer weiteren Weiterbildung des Patentanspruchs 2 verbindet zwei Herstellungsschritte miteinander. Besonders bei großen Bearbeitungskammern für die Herstellung großer oder mehrerer Körper gleichzeitig ist dieser Sachverhalt interessant. Eine bewegbare Deckplatte ist mit einem kleinen Fenster zum Einkoppeln des Bearbeitungsstrahles ausrüstbar, so dass deren Dimension fast beliebig ausführbar ist.

Die Weiterbildung des Patentanspruchs 3 stellt eine Vorrichtung mit zwei Bauräumen und zwei dazugehörigen Vorratsbehältern für die Pulverteilchen dar. Damit sind gleich-

zeitig wenigstens zwei Körper auch unterschiedlicher geometrischer Form herstellbar. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass energiereiche Strahlung einer Strahlungsquelle zur Bearbeitung beider Körper verwendbar ist. Die Abdeckplatten der Teilkammern führen vorteilhafterweise dazu, dass das Pulver während der Evakuierung im Vorratsbehälter verbleibt.

Die drehbare Ausbildung der Deckplatte nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 4 ermöglicht eine Vergrößerung der Bearbeitungsfläche gegenüber einem feststehenden Fenster. Eine derartige Ausgestaltung der Bearbeitungskammer ist gegenüber der Weiterbildung des Patentanspruchs 3 insbesondere für größere Körpervolumina geeignet. Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass im einfachsten Fall durch die drehbare Deckplatte nur noch zwei schmale streifenförmige transparente Einkoppelfenster notwendig sind.

Die Weiterbildung des Patentanspruchs 5 vereinfacht den Aufbau wesentlich. Die Entlüftung der Vorratsbehälter erfolgt durch seitlich angebrachte Öffnungen. Der gesamte Aufwand für die Abdeckplatten ist einsparbar, so dass sich ökonomische Vorteile ergeben.

Mit den drehbaren und in ihrem Abstand gegenüber der Deckplatte veränderbaren Abdeckplatten nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 6 ist ein steuerbarer Auftrag des pulverförmigen Stoffes in die Bauräume gegeben. Steuerbar bedeutet dabei insbesondere in der Dicke der Schicht und vorzugsweise entsprechend der Geometrie des oder der Körper. Durch die Veränderung des Abstandes ist weiterhin ein Druck auf die aufgetragene Pulverschicht ausübbar. Damit wird das aufgetragene Pulver vorverdichtet.

Die Weiterbildung des Patentanspruchs 7 stellt eine erfindungsgemäße Vorrichtung insbesondere für große oder mehrere gleichzeitig herzustellende Körper dar.

Günstige Ausgestaltungen der Einkoppelfenster sind in den Weiterbildungen des Patentanspruchs 8 aufgeführt.

Während der Herstellung des Körpers wird der Boden des Vorratsbehälters nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 9 in Richtung der Deckplatte und der des Bauraumes von dieser weg bewegt. Mit dem Rakel an der Deckplatte oder der Abdeckplatte und einer gesteuerten Bewegung des Rakels und der Böden ist der Körper definiert schichtweise realisierbar.

Die Ankopplung der vakuumzeugenden Einrichtung an den Boden der Bearbeitungskammer nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 10 führt zu günstigen Strömungsverhältnissen an der Oberseite der Bearbeitungskammer. Ein Absaugen des pulverförmigen Stoffes wird behindert. Der Filter zwischen der Bearbeitungskammer und der mindestens einen vakuumzeugenden Einrichtung nach einer weiteren Ausführungsform des Patentanspruchs 10 verhindert, dass die Pulverteilchen in die vakuumzeugende Einrichtung gelangen.

Die Weiterbildung des Patentanspruchs 11 erlaubt das Evakuieren der Bearbeitungskammer mit einer geringen Gasströmung, so dass das Pulver nicht abgesaugt wird und im Vorratsbehälter verbleibt. Hierzu werden der Druck am Boden des Vorratsbehälters und in der Bearbeitungskammer gemessen. Über ein in der Vakuumleitung angeordnetes steuerbares Ventil wird die Druckdifferenz auf niedrigem Niveau konstant gehalten, so dass eine gleichmäßig geringe Strömung während der Evakuierung erzielbar ist.

Eine Erwärmung und Temperierung des Körpers während seiner Herstellung mit der Weiterbildung des Patentanspruchs 12 erhöht die Maßhaltigkeit des Körpers. Durch Anwendung einer Temperatur im Bereich von 600°C bis 800°C verringert sich die Möglichkeit einer Rißbildung der sich ansonsten ungesteuerten Abkühlung der bereits bearbeiteten

Schichten. Das Ausbilden von Spannungen im Körper wird weitestgehend vermieden. Ein Verschweißen der Schichten wird ermöglicht. Damit steigt die Qualität des hergestellten Körpers und Ausschub wird weitestgehend eingeschränkt. Die Kopplung des Vorratsbehälters der Pulverteilchen führt zu einer weiteren Trocknung. Damit wird unter anderem ein Verklumpen der Pulverteilchen weitestgehend vermieden, so dass in Folge dünnere Schichten realisierbar sind.

Die Weiterbildung nach Patentanspruch 13 verhindert eine übermäßige Erwärmung der Bearbeitungskammer.

Die Ankopplung einer Gasversorgung an die Bearbeitungskammer der Vorrichtung nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 14 ermöglicht das Sintern von hochschmelzenden Stoffen mit Unterstützung einer Schichtabscheidung aus der Gasphase auf den vom Laserstrahl erwärmten Pulverteilchen. Damit wird vor allem das Sintern bisher nicht sinterbarer Materialien wie z. B. TiN möglich.

Mindestens eine Entlüftungsöffnung in der zweiten Teilkammer (Vorratsbehälter) und/oder der Abdeckplatte nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 15 ermöglicht den allmählichen Druckausgleich zwischen Bearbeitungskammer und Vorratsbehälter. Gleichzeitig wird durch die Ausbildung der Größe dieser Entlüftungsöffnung eine Bewegung der Pulverteilchen in den Bearbeitungsraum verhindert.

In der Weiterbildung des Patentanspruchs 16 werden vorteilhaft einsetzbare Materialien zur Realisierung der Entlüftungsöffnung angegeben.

Die Weiterbildung des Patentanspruchs 17 verhindert ein Anhaften des Pulvers an der Abdeckplatte oder der Deckplatte insbesondere wenn diese als Rakel zum definierten Auftragen des Pulvers oder zum Vorverdichten eingesetzt werden.

Durch die Weiterbildungen der Patentansprüche 18 und 19 ist ein automatischer und hinsichtlich der Geschwindigkeit und Qualität optimaler Prozess mit der Vorrichtung gegeben.

Durch die Verwendung des im Patentanspruch 21 angegebenen Temperaturbereiches ist der Körper spannungsarm und präzise verschweißbar.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern mit einer Bearbeitungskammer mit einem runden Querschnitt und zwei Teilkammern in einer Draufsicht und einer Seitenansicht im Schnitt,

Fig. 2 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern mit einer Bearbeitungskammer mit einem runden Querschnitt und vier Teilkammern in einer Draufsicht und einer Seitenansicht im Schnitt,

Fig. 3 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern mit einer Bearbeitungskammer mit einem rechteckigem Querschnitt und bewegbarer Deckplatte in einer Seitenansicht im Schnitt,

Fig. 4 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern mit einer Bearbeitungskammer mit einem rechteckigem Querschnitt und zwei gegeneinander bewegbaren Deckplatten im Schnitt und

Fig. 5 eine prinzipielle Darstellung einer Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern mit einer Bearbeitungskammer mit einem rechteckigem Querschnitt und kleiner bewegbarer Deckplatte in einer Seitenansicht im Schnitt.

#### 1. Ausführungsbeispiel

Die Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern 1

insbesondere ultraharten Werkzeugeinsätzen und Mikrobau-  
teilen im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen besteht  
in einem ersten Ausführungsbeispiel aus einer kleinen eva-  
kuierbaren Arbeitskammer 2 mit zwei Teilkammern  
und einer energiereichen Strahlung liefernden Einrich-  
tung in Form eines Lasers. Die Fig. 1 zeigt prinzipiell eine  
derartige Vorrichtung.

Die Arbeitskammer 2 weist einen runden Quer-  
schnitt mit einem Durchmesser von 150 mm auf. Die zwei  
Teilkammern sind als wechselseitig mit einer Abdeckplatte  
schließbare Behälter ausgebildet. Eine der Teilkammern ist  
der Bauraum 3 für den Körper 1 und die andere der Vorrats-  
behälter 4 für die Pulverteilchen, aus denen im Bauraum 3  
der Körper 1 hergestellt wird. Der effektive nutzbare Bau-  
raum 3 hat einen Innendurchmesser von 100 mm.

Die Arbeitskammer 2 besitzt eine gegenüber der  
Wand feststehende Deckplatte 5 mit einem für die Strahlung  
des Lasers transparenten Einkoppelfenster 6. Dieses weist  
einen halbkreisförmigen Querschnitt des Bauraums 3 mit ei-  
nem Durchmesser von 100 mm aus und ist über diesem an-  
geordnet.

Die Teilkammern der Arbeitskammer 2 sind wech-  
selseitig mit einer Abdeckplatte in Richtung der Deckplatte  
5 verschließbar. Dazu besitzt die Abdeckplatte 7 die Form  
des Querschnitts einer Teilkammer in Form eines Halbkrei-  
ses und ist über eine Drehachse 8 dreh- und verschiebbar in  
der Arbeitskammer 2 angeordnet. Die Drehachse ist  
aus der Arbeitskammer vakuumdicht herausgeführt  
und mit einem einen rotatorischen Bewegung und einem eine  
translatorische Bewegung liefernden Antrieb verbunden.  
Die Antriebe sind in der Darstellung der Fig. 1 nicht gezei-  
gt. An eine der Kanten der Abdeckplatte 7 ist gleichzeitig ein  
Rakel zum Auftragen einer Schicht mit gleichmäßiger  
Schichtdicke der Pulverteilchen in den Bauraum 3 befestigt.  
Die Böden 9a, 9b des Bauraums 3 und des Vorratsbehälters  
4 sind gegenüber der Deckplatte 5 bewegbar in der Arbei-  
tskammer 2 angeordnet und mit jeweils einem translatori-  
schen Antrieb verbunden. Die Antriebe sind in der Fig. 1  
nicht dargestellt. Während der Herstellung des Körpers 1 im  
Bauraum 3 wird der Boden 9a des Bauraums 3 vakuumdicht  
gegenüber der Deckplatte 5 der Arbeitskammer 2 ab-  
gesenkt und der Boden 9b des Vorratsbehälters 4 vakuum-  
dicht gegenüber der Deckplatte 5 der Arbeitskammer  
2 angehoben. Das Anheben und Absenken erfolgt nach der  
Bewegung der Abdeckplatte 7 und des Rakels wie folgt:

1. Schritt: Bewegung der Abdeckplatte 7 in Richtung des  
Bauraums 3;
2. Schritt: Anheben des Bodens 9b und damit des Pulvers  
10 im Vorratsbehälter 4;
3. Schritt: anderthalbfache Umdrehung der Abdeckplatte  
7 mit dem Rakel, wobei das Pulver 10 als oberste Schicht  
vom Vorratsbehälter 4 in den Bauraum 3 geschoben wird;
4. Schritt: Bearbeitung der ersten Schicht im Bauraum 3;
5. Schritt: Absenkung des Bodens 9a des Bauraums 3  
und 1. Schritt.

Die Arbeitskammer 2 ist mit einer vakuumzer-  
legenden Einrichtung verbunden. Während der Evakuierung  
wird die Abdeckplatte 7 auf den Vorratsbehälter 4 abge-  
senkt.

Der Vorratsbehälter 4 und/oder die Abdeckplatte 7 besit-  
zen Entlüftungsöffnungen, die kleiner als die Teilchen des  
Pulvers 10 selbst sind. Damit ist ein Druckausgleich im Vor-  
ratsbehälter 4 gewährleistet.

Über dem Einkoppelfenster 6 befindet sich eine die ener-  
giereiche Strahlung aussendende, ablenkende oder beein-  
flussende Einrichtung. Das ist z. B. ein Nd:YAG-Laser mit  
einer Wellenlänge von 532 nm (frequenzverdoppelt) oder  
ein Nd:YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm. Im

Strahlengang des Lasers sind weiterhin strahlformende und  
strahlführende Einrichtungen angeordnet. Die letzte dieser  
Einrichtungen befindet sich über dem Einkoppelfenster 6, so  
dass die Laserstrahlung über das Einkoppelfenster 6 in die  
Arbeitskammer 2 geleitet wird. Die Laser und/oder die  
strahlformenden und strahlführenden Einrichtungen sind  
in der Fig. 1 nicht dargestellt. In der Arbeitskammer 2  
erfolgt ein schichtweises Versintern oder Verschweißen des  
Pulvers 10. Das versinterte oder verschweißte Pulver 10 bil-  
det den Körper 1.

Die Antriebe, der Laser, die Bewegungsmechanismen der  
strahlführenden Einrichtungen und die Vakuumeinrichtung  
sind mit einem Computer verbunden. Damit ist eine softwa-  
regesteuerte Herstellung des Körpers gegeben.

## 2. Ausführungsbeispiel

Die Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern 1  
insbesondere ultraharten Werkzeugeinsätzen aus TiN im  
Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen besteht in einem  
zweiten Ausführungsbeispiel entsprechend dem ersten Aus-  
führungsbeispiel aus einer kleinen evakuierbaren Arbei-  
tskammer 2 mit zwei Teilkammern (Darstellung in der  
Fig. 1) und einer energiereichen Strahlung liefernden  
Einrichtung in Form eines Ar<sup>+</sup>- oder frequenzverdoppelten  
Nd:YAG-Lasers.

Der Aufbau der Arbeitskammer 2 und die Handha-  
bung des Pulvers 10 sind gleich dem ersten Ausführungsbei-  
spiel (Darstellung in der Fig. 1). Die Arbeitskammer 2  
besitzt zusätzlich einen Anschluss zur Gasversorgung mit  
den für den TiN-CVD-Prozess notwendigen Dämpfen und  
Gasen TiCl<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>. Die Arbeitskammer 2 wird  
zunächst bei abgesenkter Abdeckplatte 7 auf dem Vorratsbe-  
hälter 4 evakuiert. Es kommt reines TiN-Pulver 10 zum Ein-  
satz. Nach Beendigung des Druckausgleichsprozesses wer-  
den die Reaktionsgase eingelassen und bei einem Druck von  
ca. 10 mbar und einer geringen Durchflussrate die CVD-  
Voraussetzungen realisiert. Der nachfolgende Sinterprozess  
findet durch einen parallel laufenden Laser-CVD-Prozess  
statt.

Nach Beendigung des Sintervorganges wird das restliche  
Pulver 10 aus dem Vorratsbehälter 4 in den Bauraum 3 be-  
fördert, der Bauraum 3 mit der Abdeckplatte 7 verschlossen,  
die Gasversorgung abgesperrt und die Arbeitskammer  
2 zur Entfernung der reaktiven Gase entsprechend evakuiert.  
Dieser Vorgang kann zur Verbesserung der Nachhaltigkeit  
mehrmals wiederholt werden. Abschließend wird die Ar-  
beitskammer 2 mit N<sub>2</sub> aufgefüllt und der Körper 1 kann  
entnommen werden.

Die Antriebe, der Laser, die Bewegungsmechanismen der  
strahlführenden Einrichtungen, die Gasversorgung und die  
Vakuumeinrichtungen sind mit einem Computer verbunden.  
Damit ist eine softwaregesteuerte Herstellung des Körpers 1  
gegeben.

## 3. Ausführungsbeispiel

Die Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern 1,  
insbesondere von Werkzeugen, ultraharten Werkzeugeinsät-  
zen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen  
im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen besteht in ei-  
nem dritten Ausführungsbeispiel aus einer gegenüber dem  
ersten Ausführungsbeispiel größeren evakuierbaren Ar-  
beitskammer 2 mit vier Teilkammern (Darstellung in der  
Fig. 2) und wenigstens einer energiereichen Strahlung  
liefernden Einrichtung in Form eines Lasers.

Die Arbeitskammer 2 weist einen runden Quer-  
schnitt mit einem Durchmesser von 300 mm auf. Die vier

Teilkammern sind als wechselseitig mit zwei Abdeckplatten 7a, 7b schließbare Behälter ausgebildet. Die vier Teilkammern sind im Querschnitt kreissektorförmig ausgebildet und besitzen die gleichen Abmessungen. Zwei sich gegenüberliegende Teilkammern stellen die Bauräume 3a, 3b dar und die beiden anderen sich gegenüberliegenden sind die Vorratsbehälter 4a, 4b.

Die Deckplatte 5 der Bearbeitungskammer 2 ist gegenüber deren Wand in der Symmetrieachse drehbar und besitzt zwei für die Laserstrahlung transparente Einkoppelfenster 6a, 6b. Diese weisen rechteckförmige Querschnitte aus.

Jeweils zwei benachbarte Teilkammern der Bearbeitungskammer 2 sind wechselseitig mit jeweils einer Abdeckplatte 7a, 7b in Richtung der Deckplatte 5 verschließbar. Dazu besitzen die Abdeckplatten 7a, 7b die Form des Querschnitts der Teilkammer in Form eines Viertelkreises. Zum Verschließen werden die Abdeckplatten 7a, 7b auf die Teilkammern abgesenkt. Die Symmetrieachsen der Abdeckplatten 7a, 7b schließen einen Winkel von 180° ein. Die Verbindungsstelle der Abdeckplatten 7a, 7b ist mit einer Drehachse 8 verbunden. Die Drehachse 8 ist aus der Bearbeitungskammer 2 vakuumdicht herausgeführt und mit jeweils einem eine rotatorische Bewegung und eine translatorische Bewegung liefernden Antrieb verbunden. Der Antrieb ist in der Fig. 2 der Einfachheit nicht dargestellt. An eine der Kanten der Abdeckplatten 7a, 7b sind gleichzeitig jeweils ein Rakel zum Auftragen einer Schicht mit gleichmäßiger Schichtdicke des Pulvers 10 in die Bauräume 3a, 3b angebracht. Die Böden 9a, 9b, 9c, 9d der Teilkammern sind gegenüber der Deckplatte 5 bewegbar in der Bearbeitungskammer 2 angeordnet und mit jeweils einem translatorischen Antrieb verbunden. Die Antriebe sind in der Fig. 2 nicht dargestellt. Während der Herstellung der Körper 1 in den Bauräumen 3a, 3b werden deren Böden 9a, 9c vakuumdicht gegenüber der Deckplatte 5 der Bearbeitungskammer 2 abgesenkt und die Böden 9b, 9d der Vorratsbehälter 4a, 4b vakuumdicht gegenüber der Deckplatte 5 der Bearbeitungskammer 2 angehoben. Das Anheben und Absenken erfolgt nach der Bewegung der Abdeckplatten 7a, 7b mit den Rakeln wie folgt:

1. Schritt: Bewegung der Abdeckplatten 7a, 7b in Richtung der Bauräume 3a, 3b;

2. Schritt: Anheben der Böden 9b, 9d der Vorratsbehälter 4a, 4b;

3. Schritt:  $\frac{3}{4}$  Umdrehung, wobei das Pulver als oberste Schicht von den Vorratsbehältern 4a, 4b in die Bauräume 3a, 3b geschoben werden;

4. Schritt: Bearbeiten der ersten Schichten in den Bauräumen 3a, 3b,

5. Schritt: Absenken der Böden 9a, 9c der Bauräume 3a, 3b und 1. Schritt.

Die Bearbeitungskammer 2 weist eine oder mehrere kleine Entlüftungsöffnungen auf. Diese befinden sich zwischen dem Innenraum der Bearbeitungskammer 2 und einer vakuumzeugenden Einrichtung. Dadurch ist ein gleichmäßig verteilter Gasstrom zur Evakuierung erzielbar.

Die Vorratsbehälter 4a, 4b und/oder die Abdeckplatten 7a, 7b besitzen ebenfalls Entlüftungsöffnungen, die jedoch kleiner als die Teilchen des Pulvers 10 selbst sind. Damit ist ein Druckausgleich sowohl in den Vorratsbehältern 4a, 4b als auch in den Bauräumen 3a, 3b gewährleistet, ohne dass Pulver 10 in die Vakuumeinrichtung gelangen kann.

Über den Einkoppelfenstern 6a, 6b ist entweder wechselseitig eine die energiereiche Strahlung aussendende, ablenkende oder beeinflussende Einrichtung positioniert oder jeweils eine die energiereiche Strahlung aussendende, ablenkende oder beeinflussende Einrichtung angeordnet. Diese sind in der Fig. 2 nicht dargestellt.

Eine energiereiche Strahlung aussendende Einrichtung ist

z. B. ein Nd:YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 532 nm (frequenzverdoppelt) oder ein Nd:YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 1064 nm. Im Strahlengang des Lasers sind weiterhin strahlformende und strahlführende Einrichtungen so angeordnet, dass die Laserstrahlung über eines der Einkoppelfenster 6a, 6b oder beide Einkoppelfenster 6a, 6b in die Bearbeitungskammer 2 geleitet wird. Dort erfolgt ein schichtweises Versintern und/oder Verschweißen der Teilchen des Pulvers 10. Die versinterten und/oder verschweißten Teilchen des Pulvers 10 sind der Körper 1.

Die Antriebe, der oder die Laser, die Bewegungsmechanismen der strahlführenden Einrichtungen und die Vakuumeinrichtung sind mit einem Computer verbunden. Damit ist eine softwaregesteuerte Herstellung des Körpers gegeben.

#### 4. Ausführungsbeispiel

Die Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern, insbesondere von Werkzeugen, ultraharten Werkzeugeinsätzen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen besteht in einem vierten Ausführungsbeispiel aus einer evakuierbaren großen Bearbeitungskammer 2 mit drei Teilkammern und wenigstens einer energiereichen Strahlung liefernden Einrichtung in Form eines Lasers. Die Bearbeitungskammer 2 weist einen rechteckförmigen Querschnitt auf und ist durch Zwischenwände in drei nebeneinander angeordnete Teilkammern eingeteilt. Die Fig. 3 zeigt einen prinzipiellen Querschnitt einer derartig ausgebildeten Vorrichtung. Die zweite und mittlere Teilkammer stellt den Bauraum 3 dar und die ersten und dritten Teilkammern sind die Vorratsbehälter 4a, 4b für die Pulverteilchen. Die Deckplatte 5 ist gegenüber der Bearbeitungskammer 2 in Richtung sowohl der ersten als auch der dritten Teilkammer bewegbar. Die Deckplatte 5 besitzt wenigstens ein für energiereiche Strahlung transparentes streifenförmiges Einkoppelfenster 6 über die Abmessung der Bearbeitungskammer 2 quer zur Bewegungsrichtung der Deckplatte 5. Die Länge der Bewegung der Deckplatte 5 ist wenigstens gleich der Abmessung der zweiten Teilkammer als Bauraum 3 in dieser Richtung. Damit wird die gesamte Fläche der zweiten Teilkammer und damit des Bauraumes 3 durch das Einkoppelfenster 6 vollständig überstrichen. Die Abmessungen der Deckplatte 5 sind so ausgeführt, dass bei jeder Position des Einkoppelfensters 6 der Deckplatte 5 gegenüber der zweiten Teilkammer als Bauraum 3 die Bearbeitungskammer 2 vollständig abgedeckt ist.

Im Bereich unter der Deckplatte 5 und in der Bearbeitungskammer 2 befindet sich ein Rakel 11. Dieser ist über die gesamte Länge der Bearbeitungskammer 2 in Richtung der Teilkammern präzise bewegbar. Die Länge des Rakels 11 entspricht der Abmessung des Innenraumes der Bearbeitungskammer 2 quer zur Bewegung des Rakels 11.

Die Böden 9a, 9b, 9c der Teilkammern sind gegenüber der Deckplatte 5 bewegbar in der Bearbeitungskammer 2 angeordnet und mit jeweils einem translatorischen Antrieb verbunden. Während der Herstellung des Körpers im Bauraum 3 wird der Boden 9b des Bauraumes 3 vakuumdicht gegenüber der Deckplatte 5 der Bearbeitungskammer 2 abgesenkt und der Boden 9a des ersten Vorratsbehälters 4a vakuumdicht gegenüber der Deckplatte 5 der Bearbeitungskammer 2 angehoben. Das Anheben und Absenken erfolgt nach der Bewegung des Rakels 11, wobei dieser die Flächen der Teilkammern wenigstens gegenüber der Deckplatte 5 vollständig überstreicht. Die Bearbeitung geschieht nach folgenden Schritten:

1. Schritt - Anfangsschritt: Bewegung des Rakels 11 in der Bearbeitungskammer 2 von der Außenwand der ersten

Teilkammer als Vorratsbehälter 4a unter Mitnahme der darin enthaltenen Pulverteilchen in die zweite Teilkammer als Bauraum 3 zur gegenüberliegenden Außenwand der dritten Teilkammer als Vorratsbehälter 4b. Dabei ist der Boden 9b der zweiten Teilkammer als Bauraum 3 so gegenüber der Deckplatte 5 positioniert, dass eine Schicht von Pulverteilchen gleicher Dicke die Grundfläche der zweiten Teilkammer als Bauraum 3 vollständig bedeckt. Der Boden 9c der dritten Teilkammer als Vorratsbehälter 4b mit den darin enthaltenen Pulverteilchen besitzt einen Abstand zum Rakel 11, so dass dieser über die Teilchen des Pulvers 10 geführt wird.

2. Schritt: Bearbeitung der Schicht aus Pulverteilchen in der zweiten Teilkammer als Bauraum 3.

3. Schritt: Absenken des Bodens 9b der zweiten Teilkammer als Bauraum 3, so dass eine neue definierte Schicht von Pulverteilchen durch die Bewegung des Rakels 11 aus der dritten Teilkammer als Vorratsbehälter 4b aufgebracht werden kann.

4. Schritt: Anheben des Bodens 9c der dritten Teilkammer als Vorratsbehälter 4b.

5. Schritt: Bewegung des Rakels 11 in Richtung der ersten Teilkammer als Vorratsbehälter 4a unter Mitnahme der Pulverteilchen bis zur Außenwand dieser Teilkammer, wobei wiederum eine Schicht von Pulverteilchen in der zweiten Teilkammer als Bauraum 3 verbleibt.

Weiter mit 1. Schritt.

Die Schritte 3 und 4 sind auch gleichzeitig durchführbar. Die Bearbeitungskammer 2 ist über ein Filter mit wenigstens einer vakuumzeugenden Einrichtung verbunden. In der Verbindung zwischen der Bearbeitungskammer 2 und der vakuumzeugenden Einrichtung ist ein elektrisch ansteuerbares Ventil angeordnet. An den Böden 9a, 9b, 9c der Vorratsbehälter 4a, 4b und im Bauraum 3 sind in Richtung der Pulverteilchen jeweils ein Druckaufnehmer 12a, 12b, 12c angebracht. Diese und das Ventil sind mit einer Prozesssteuerung in Form eines Computers verkoppelt. Ein Steuerprogramm berechnet in Abhängigkeit von der Masse der Pulverteilchen einen maximalen Evakuierungsgasstrom, bei dem das Pulver 10 noch in den Vorratsbehältern 4a, 4b verbleibt.

Über dem Einkoppelfenster 6 befindet sich eine die energiereiche Strahlung aussendende, ablenkende oder beeinflussende Einrichtung. Diese ist in der Fig. 3 nicht der Einfachheit halber dargestellt. Eine energiereiche Strahlung aussendende Einrichtung ist z. B. ein Laser. Im Strahlengang des Lasers sind weiterhin strahlformende und strahlführende Einrichtungen so angeordnet, dass die Laserstrahlung über das Einkoppelfenster 6 in den Bauraum 3 der Bearbeitungskammer 2 geleitet wird. Dort erfolgt ein schichtweises Versintern und/oder Verschweißen der Pulverteilchen. Die versinterten und/oder verschweißten Pulverteilchen sind der Körper.

Alle bewegbaren Teile der Bearbeitungskammer 2 sind so gestaltet, dass diese während der Herstellung des Körpers jederzeit vakuumdicht ist.

Die Bewegungen der Deckplatte 5, des Vakuumventils, des Rakels 11 und der Böden 9a, 9b, 9c der drei Teilkammern erfolgt mittels daran angekoppelter Antriebe, die in der Fig. 3 nicht dargestellt sind.

Die Antriebe, der oder die Laser und die Bewegungsmechanismen der strahlführenden Einrichtungen sind mit einem Computer verbunden. Damit ist eine softwaregesteuerte Herstellung des Körpers gegeben.

insbesondere von Werkzeugen, ultraharten Werkzeugeinsätzen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen besteht in einem fünften Ausführungsbeispiel aus einer evakuierbaren großen Bearbeitungskammer 2 mit drei Teilkammern und wenigstens einer energiereichen Strahlung liefernden Einrichtung in Form eines Lasers ähnlich dem vierten Ausführungsbeispiel.

Zusätzlich zu diesem sind über den Vorratsbehältern 4a, 4b zwei Abdeckplatten 7a, 7b vorhanden, die während des Evakuierungsprozesses abgesenkt werden und verhindern, dass Pulver in die Vakuumeinrichtung gelangen kann. In der Fig. 4 ist eine derartige Bearbeitungskammer 2 im Prinzip dargestellt. Die Abdeckplatten 7a, 7b lassen sich beide in Richtung des Bauraumes 3 verschieben. Zwischen Schritt 1 und 2 des vierten Ausführungsbeispiels wird in diesem Ausführungsbeispiel ein Bearbeitungsschritt zur Verdichtung des Pulvers eingefügt. Hierzu werden die Abdeckplatten 7a, 7b auf den Bauraum 3 abgesenkt und präzise arretiert. Anschließend wird mit einem anhebbaren Boden 9b des Bauraumes 3 über eine entsprechend große Kraft durch den Antrieb 13 ein hoher Druck auf die Pulverschicht ausgeübt, so dass diese stark vorverdichtet wird. Die Abdeckplatten 7a, 7b sind pulverabweisend beschichtet, wodurch ein Anhaften des Pulvers vermieden wird. Über eine elektrische Kraftmesseinrichtung wird der Antrieb 13 anschließend wieder auf eine vordefinierte niedrige Kraft zurückgefahren. Dadurch behält die Pulverschicht nach z. B. einer Entriegelung und dem Abheben der Abdeckplatten 7a, 7b ihre exakte Lage bei. Anschließend ist der Prozess mit dem 2. Schritt fortführbar. Durch das Vorverdichten wird eine hohe Formstabilität des Körpers während des Sinter-/Schweißprozesses gewährleistet.

Die Bewegungen der Deckplatte 5, des Rakels 11, der Abdeckplatten 7a, 7b und der Böden 9a, 9b, 9c der drei Teilkammern erfolgt mittels daran angekoppelter Antriebe. Diese, der oder die Laser und die Bewegungsmechanismen der strahlführenden Einrichtungen sind mit einem Computer verkoppelt. Damit ist eine softwaregesteuerte Herstellung des Körpers gegeben.

In einer weiteren Ausführungsform der Ausführungsbeispiele 4 und 5 ist die Deckplatte 5 gegenüber der Bearbeitungskammer 2 fest und die Abmessung des Einkoppelfensters 6 entspricht dem Innenquerschnitt der zweiten Teilkammer als Bauraum 3. In dieser Ausführungsform ist ein Antrieb für die Deckplatte 5 nicht vorhanden.

In weiteren Ausführungsformen der Ausführungsbeispiele

- sind der Bauraum 3 und/oder der Vorratsbehälter 4 als separate Behältnisse in der Bearbeitungskammer 2 ausgeführt (zur Erzeugung einer hohen Temperatur zwingend notwendig);
- sind der Bauraum 3 und/oder der Vorratsbehälter 4 mit einer Einrichtung zur Wärmeerzeugung verkoppelt,
- sind die Bearbeitungskammer 2, die Deckplatte 5 und das oder die Einkoppelfenster 6 mit wenigstens einer Kühlvorrichtung verbunden und/oder
- ist die Bearbeitungskammer 2 mit einer Gasversorgungseinrichtung verbunden.
- sind die Vorratsbehälter 4a, 4b mit festen und abnehmbaren Teilplatten 14a, 14b versehen (Darstellung in der Fig. 5), die Dichtungen zu der beweglichen Deckplatte 5 aufweisen.

## 5. Ausführungsbeispiel

Die Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern,

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur direkten Herstellung von Körpern, insbesondere von Werkzeugen, ultraharten Werkzeug-einsätzen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen, **dadurch gekennzeichnet**, dass in eine evakuierbare Bearbeitungskammer (2) wenigstens zwei Teilkammern integriert sind, dass eine erste Teilkammer der Bauraum (3) und die zweite ein Vorratsbehälter (4) für den pulverförmigen Stoff ist, dass die Deckplatte (5) gegenüber mindestens einer Wand der Bearbeitungskammer (2) feststehend oder beweglich ist, dass die Deckplatte (5) der Bearbeitungskammer (2) wenigstens ein für energiereiche Strahlung transparentes Einkoppelfenster (6) aufweist, dass im gegenüber der Deckplatte (5) oberen Bereich der Bearbeitungskammer (2) mindestens ein die Querschnittsfläche der Teilkammern überstreicher Raket (11) angeordnet ist, dass die Böden (9) der Teilkammern gegenüber der Deckplatte (5) bewegbar sind, dass sich über dem Einkoppelfenster (6) wenigstens eine die energiereiche Strahlung aussendende, ablenkende oder beeinflussende Einrichtung befindet und dass die bewegbaren Bestandteile mit jeweils mindestens einem Antrieb verkoppelt sind.

2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ersten die Teilkammern wechselseitig mit einer gegenüber den Teilkammern und der Bearbeitungskammer (2) bewegbaren Abdeckplatte (7) verschließbar sind und dass eine Kante der Abdeckplatte (7) ein Raket (11) oder dass an eine Kante der Abdeckplatte (7) ein Raket (11) befestigt ist oder dass zum Zweiten an die bewegbare Deckplatte (5) ein Raket (11) angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die evakuierbare Bearbeitungskammer (2) einen kreisförmigen Querschnitt aufweist, dass vier im Querschnitt kreissektorförmig ausgestaltete Teilkammern in diese integriert sind, dass zwei sich gegenüberliegende Teilkammern die Bauräume (3) darstellen, dass die beiden anderen sich gegenüberliegenden die Vorratsbehälter (4) sind, dass die Deckplatte (5) der Bearbeitungskammer (2) wenigstens zwei für energiereiche Strahlung transparente und korrespondierend zu den die Bauräume (3) darstellenden Teilkammern angeordnete Einkoppelfenster (6) aufweist, dass die Teilkammern wechselseitig mit gegenüber den Teilkammern und der Bearbeitungskammer (2) bewegbaren Abdeckplatten (7) so verschließbar sind, dass entweder die Bauräume (3) oder die Vorratsbehälter (4) abgedeckt sind, dass zum einen eine Kante der Abdeckplatten (7) ein Raket (11) oder dass zum anderen an eine Kante der Abdeckplatten (7) ein Raket (11) befestigt ist, dass die Böden (9) der Teilkammern gegenüber der Deckplatte (5) verschiebbar sind, dass sich über wenigstens einem der Einkoppelfenster (6) eine die energiereiche Strahlung aussendende, ablenkende oder beeinflussende Einrichtung befindet und dass die bewegbaren Abdeckplatten (7) gemeinsam und die Böden (9) der Teilkammern mit jeweils mindestens einem Antrieb verkoppelt sind.

4. Vorrichtung nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatte (5) gegenüber der Bearbeitungskammer (2) in ihrer Symmetrieachse drehbar ist und dass die Deckplatte (5) wenigstens ein für energiereiche Strahlung transparentes Einkoppelfenster (6) aufweist.

5. Vorrichtung nach Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatte (5) gleichzeitig die Abdeckplatten (7) der Teilkammern ist und dass an oder in die Deckplatte (5) ein Raket (11) integriert ist.

6. Vorrichtung nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abdeckplatten (7) einzeln oder zusammen über eine Vakuumdurchführung im Boden (9) der Bearbeitungskammer (2) sowohl in der Symmetrieachse der Bearbeitungskammer (2) drehbar als auch in ihrem Abstand zu der Deckplatte (5) veränderbar sind.

7. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die evakuierbare Bearbeitungskammer (2) einen rechteckförmigen Querschnitt aufweist, dass die Bearbeitungskammer (2) in mehrere nebeneinander angeordnete Teilkammern eingeteilt ist, dass eine der Teilkammern der Bauraum (3) ist, dass die wenigstens eine andere Teilkammer der Vorratsbehälter (4) ist, dass die Deckplatte (5) der Bearbeitungskammer (2) wenigstens ein für energiereiche Strahlung transparentes Einkoppelfenster (6) in Richtung der Teilkammer als Bauraum (3) besitzt, dass die Deckplatte (5) fest oder gegenüber der Bearbeitungskammer (2) bewegbar so angeordnet ist, dass das Einkoppelfenster (6) den Bauraum (3) überdeckt oder den Bauraum (3) bei einer Bewegung überstreicht, dass ein Raket (11) in der Bearbeitungskammer (2) so gegenüber den Teilkammern verschiebbar angeordnet ist, dass der Raket (11) die Teilkammern vollständig überstreicht, dass die Böden (9) der Teilkammern gegenüber der Deckplatte (5) bewegbar sind, dass sich über dem Einkoppelfenster (6) eine die energiereiche Strahlung aussendende, ablenkende oder beeinflussende Einrichtung befindet und dass die bewegbaren Böden (9) und entweder die Deckplatte (5) oder die Bearbeitungskammer (2) mit jeweils mindestens einem Antrieb verkoppelt sind.

8. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1, 3 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Einkoppelfenster (6) wenigstens die Abmessungen einer Teilkammer besitzt, dass das Einkoppelfenster (6) kleiner als die Abmessungen einer Teilkammer oder dass das Einkoppelfenster (6) streifen- oder balkenförmig ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1, 3 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Boden (9) des Bauraums (3) während der Bearbeitung vakuumdicht gegenüber der Deckplatte (5) der Bearbeitungskammer (2) absenkbar und dass der Boden (9) des Vorratsbehälters (4) während der Bearbeitung vakuumdicht gegenüber der Deckplatte (5) der Bearbeitungskammer (2) anhebbar sind.

10. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine vakuum erzeugende Einrichtung an einem Boden (9) der Bearbeitungskammer (2) angekoppelt ist und/oder dass die Bearbeitungskammer (2) über wenigstens ein Filter mit der mindestens einen vakuum erzeugenden Einrichtung verbunden ist.

11. Vorrichtung nach Patentanspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass in der Verbindung zwischen der Bearbeitungskammer (2) und der vakuum erzeugenden Einrichtung ein elektrisch ansteuerbares Ventil angeordnet ist, dass sich am Boden (9) des Vorratsbehälters (4) und in der Bearbeitungskammer (2) jeweils ein Druckaufnehmer (12) befindet und dass die Druckaufnehmer (12) und das Ventil an eine elektrische Steuerung gekoppelt sind.



12. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1, 3 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Bauraum (3) und/oder der Vorratsbehälter (4) mit einer Einrichtung zur Wärmeerzeugung verkoppelt ist.
13. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1, 3 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungskammer (2), die Deckplatte (5) und das oder die Einkoppelfenster (6) mit wenigstens einer Kühlvorrichtung verbunden sind.
14. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungskammer (2) mit einer Gasversorgungseinrichtung verbunden ist.
15. Vorrichtung nach den Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Teilkammer und/oder die bewegbare Abdeckplatte (7) mindestens eine Entlüftungsöffnung besitzt und dass deren Abmessung kleiner als die der Pulverteilchen ist.
16. Vorrichtung nach Patentanspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass poriges entweder gesintertes oder gepresstes Material die Entlüftungsöffnungen enthält.
17. Vorrichtung nach den Patentansprüchen 2 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die bewegbare Abdeckplatte (7) oder die Deckplatte (5) pulverabweisend beschichtet sind.
18. Vorrichtung nach den Patentansprüchen 1, 3, 7 und 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebe, die energiereiche Strahlung aussendende Einrichtung, die Vakuum erzeugende Einrichtung, das elektrische Ansteuerventil, die Einrichtung zur Wärmeerzeugung, die Kühlvorrichtung und die Gasversorgungseinrichtung mit einer Steuereinrichtung verbunden sind.
19. Vorrichtung nach Patentanspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung ein Computer ist und dass eine Software zur automatischen Steuerung der Vorrichtung im Computer impliziert ist.
20. Verwendung von Vakuum und/oder einer zusätzlichen Wärmequelle zur direkten Herstellung von Körpern im Schichtaufbau aus pulverförmigen Stoffen mit mindestens einer Einrichtung zur Aussendung von energiereichen Strahlen, dadurch gekennzeichnet, dass Vakuum zur Trocknung der pulverförmigen Stoffe, zur Verhinderung von chemischen Reaktionen der Pulverteilchen, zur Herstellung von porenfreien Schichten und zur Unterdrückung der Wärmeleitung des Bauraumes zur Bearbeitungskammer und/oder eine zusätzliche Wärmequelle zur Temperierung des Bauraumes und zur Trocknung des Pulvers verwendet werden.
21. Verwendung nach Patentanspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine Temperierung von 600 bis 800°C verwendet wird.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65



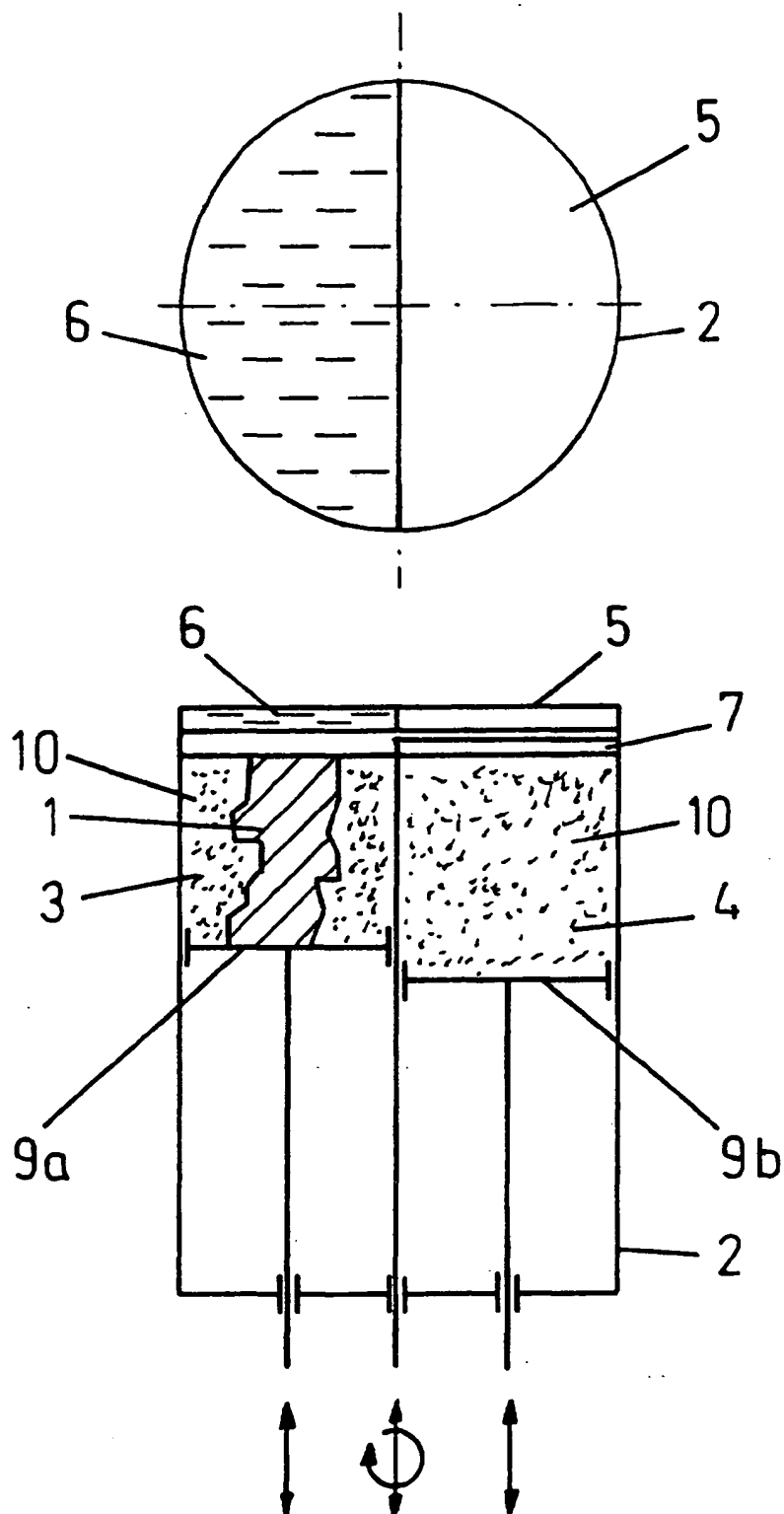


Fig.1

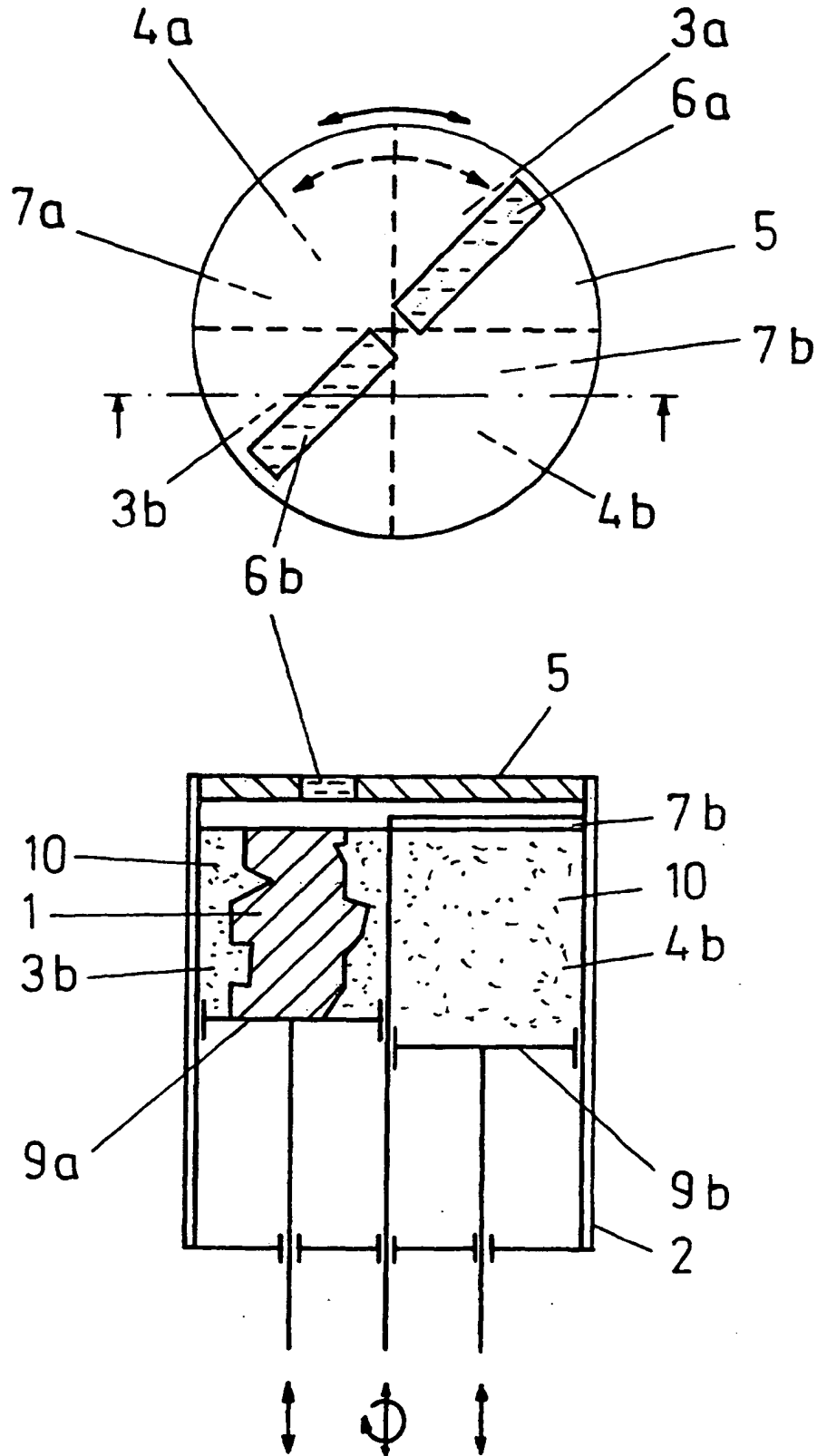


Fig. 2

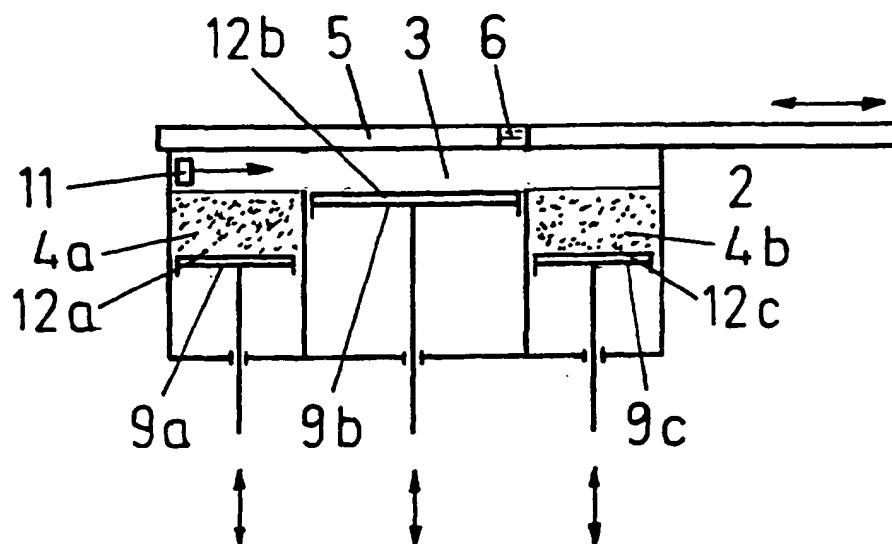


Fig. 3

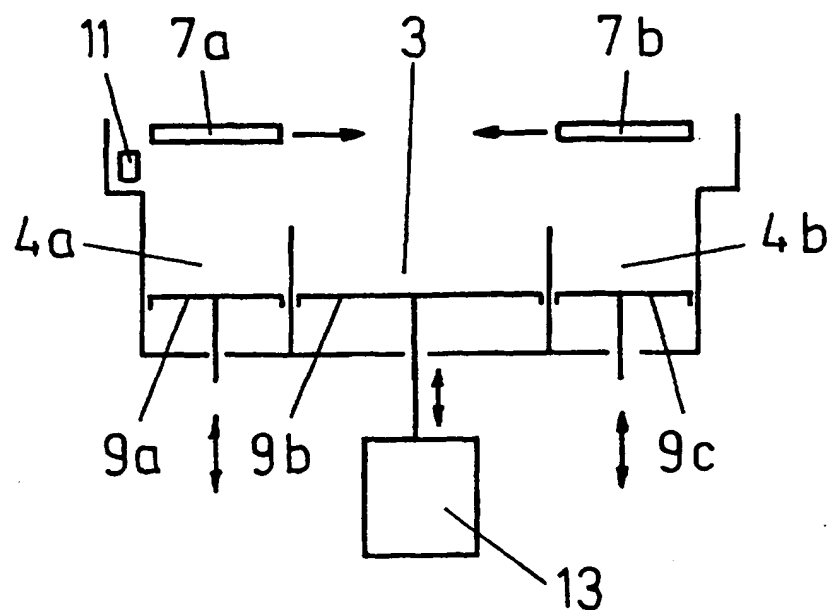


Fig. 4

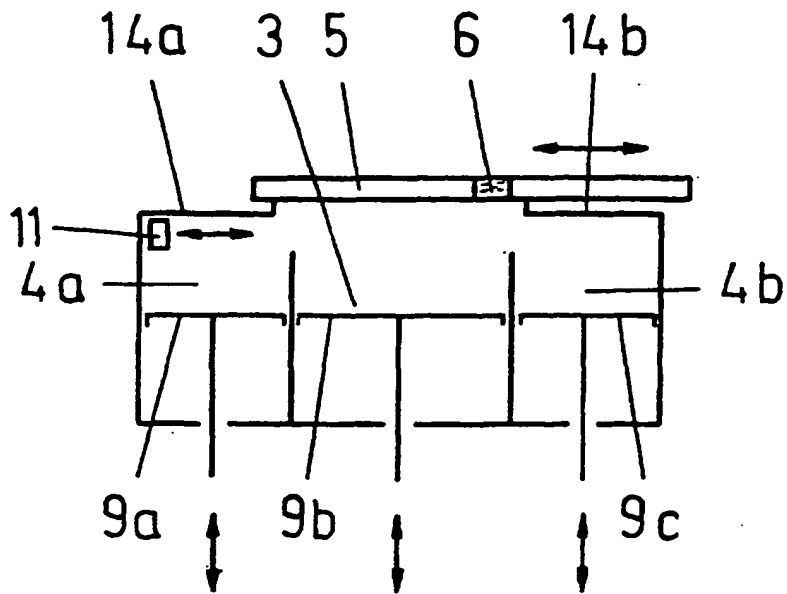


Fig. 5

Translation of relevant parts of DE 199 52 998 A1

[column 6, line 54 to column 8, line 14]

3<sup>rd</sup> embodiment

In a third embodiment the device for direct layer-wise manufacturing of bodies 1, in particular of tools, of ultra-hard tooling inserts, of workpieces, of primary models, of molds or of prototypes, from pulverous materials consists of a process

EP676/PK/28.07.05

chamber 2, which is larger than in the first embodiment and can be evacuated, having four sub-chambers (illustration in Fig. 2) and at least one device for supplying an energetic radiation in the form of a laser.

The process chamber 2 has a circular cross-section with a diameter of 300 mm. The four sub-chambers are designed as containers, which are alternately closable by two cover plates 7a, 7b. The four sub-chambers are designed having cross-sections in the shape of sectors of a circle and have the same dimensions. Two opposing sub-chambers form the construction spaces 3a, 3b and the other two opposing sub-chambers are the reservoirs 4a, 4b.

The cover plate 5 of the process chamber 2 is pivotable in the symmetry axis with respect to its wall and has two injection windows 6a, 6b, which are transparent for the laser radiation. These have rectangular cross-sections.

Each two adjacent sub-chambers can alternately be closed with each one cover plate 7a, 7b in the direction of the cover plate 5. For this purpose the cover plates 7a, 7b have the shape of the cross-section of the sub-chamber in the shape of a quarter-circle. For closing, the cover plates 7a, 7b are lowered onto the sub-chambers. The symmetry axes of the cover plates 7a, 7b include an angle of  $180^\circ$ . The joint of the cover plates 7a, 7b is connected to an axis of rotation 8. The axis of rotation 8 is vacuum-tightly led out of the process-chamber and is connected to each one of a drive providing a rotatory movement and a drive providing a translatory movement.

The drive is not shown in Fig. 2 of simplicity. At one of the edges of the cover plates 7a, 7b in each case at the same time a doctor is mounted for applying a layer of the powder 10 with a uniform layer thickness in the construction spaces 3a, 3b. The bottoms 9a, 9b, 9c, 9d of the sub-chambers are arranged in the process chamber 2 such that they can be moved with respect to the cover plate 5 and each one is connected to a transla-

tory drive. The drives are not shown in Fig. 2. During the manufacturing of the body 1 in the construction spaces 3a, 3b their bottoms 9a, 9c are vacuum-tightly lowered with respect to the cover plate 5 of the process chamber 2 and the bottoms 9b, 9d of the reservoirs 4a, 4b are vacuum-tightly lifted with respect to the cover plate 5 of the process chamber 2. The lifting and lowering is carried out after the movement of the cover plates 7a, 7b with the doctors as follows:

1<sup>st</sup> step: movement of the cover plates 7a, 7b towards the construction spaces 3a, 3b;

2<sup>nd</sup> step: lifting of the bottoms 9b, 9d of the reservoirs 4a, 4b;

3<sup>rd</sup> step:  $\frac{1}{4}$  - turn, at which the powder as uppermost layer is shifted from the reservoirs 4a, 4b into the construction spaces 3a, 3b;

4<sup>th</sup> step: processing of the first layers in the construction spaces 3a, 3b,

5<sup>th</sup> step: lowering of the bottoms 9a, 9c of the construction spaces 3a, 3b and 1<sup>st</sup> step.

The process chamber 2 has one or more small breather holes. These are located between the interior of the process chamber 2 and a vacuum-producing device. Thus, an evenly distributed flow of gas for evacuation can be achieved.

The reservoirs 4a, 4b and/or the cover plates 7a, 7b also have breather holes. However, these are smaller than the particles of the powder 10. Thus, pressure equalization is guaranteed in the reservoirs 4a, 4b as well as in the construction spaces 3a, 3b without any powder 10 being able to get into the vacuum device.

Above the injection windows 6a, 6b there is either alternately positioned a device, which is emitting, deflecting or affecting the energetic radiation, or in each case there is arranged a device that is emitting, deflecting or affecting the energetic radiation. These are not shown in Fig. 2.



A device emitting an energetic radiation is e.g. a Nd:YAG laser having a wavelength of 532 nm (frequency-doubled) or a Nd:YAG laser having a wavelength of 1064 nm. Further, beam-shaping or beam-guiding devices are arranged in the optical path of the laser in such a way that the laser radiation is led through one of the injection windows 6a, 6b or through both injection windows 6a, 6b into the process chamber 2. There, a layer-wise sintering and/or fusing of the particles of the powder 10 takes place. The sintered and/or fused particles of the powder 10 are the body 1.

The drives, the laser(s), the motion mechanisms of the beam-guiding devices and the vacuum device are connected to a computer. Thus, a software-controlled manufacturing of the body is provided.